

# Kajian Kekuatan Bata Termampat Berasaskan Tanah Liat

Mohd Rizal Khatib<sup>1,\*</sup>, Nik Nur Dina Nik Azmi<sup>1</sup>, dan Ahmad Shahril Mohammad Shahudin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Mukah, KM 7.5, Jalan Oya, 96400 Mukah, Sarawak, Malaysia

\*Corresponding author: mohdrizal@pmu.edu.my

## Abstrak

Bata berasaskan tanah merupakan produk mampan yang menggunakan bahan tempatan seperti tanah serta bahan tambah yang bertindak sebagai penstabil seperti simen Portland biasa (OPC) untuk meningkatkan kekuatannya. Dalam kajian ini, fizikal prototaip bata berasaskan tanah liat dihasilkan bagi menggantikan saiz bata sebenar. Dua faktor utama yang mempengaruhi kekuatan prototaip bata tanah liat adalah berdasarkan kepada kekuatan mampatan dan kadar serapan air. Nisbah rekabentuk bancuhan yang digunakan dalam penghasilan prototaip adalah 1:10. Manakala siri tekanan yang diaplikasikan bermula dari 2000 psi, 3000 psi dan 4000 psi bagi menghasilkan prototaip dengan dimensi 100mm x 50mm x 40mm. Sampel diuji pada umur 7 dan 28 hari. Didapati bahawa kadar kekuatan yang paling optimum bagi prototaip bata berasaskan tanah liat adalah pada siri tekanan 4000psi dengan nilai kekuatan mampatan adalah 5.8 N/mm<sup>2</sup> dan kadar serapan air sebanyak 17%. Walaubagaimanapun, kadar kekuatan mampatan prototaip berasaskan tanah liat masih lagi dibawah tahap kekuatan yang telah ditetapkan dalam MS 76:1972 iaitu melebihi 7 N/mm<sup>2</sup> bagi bata bakar gelas beban kelas satu (1). Hasil kajian menunjukkan bahawa peningkatan siri tekanan memberikan prestasi yang berbeza terhadap nilai kekuatan prototaip bata yang berasaskan tanah liat ini.

*Kata kunci:* - bahan mampan, tanah liat, siri tekanan mampatan, kekuatan mampatan, kadar serapan air

## 1. Pengenalan

Tanah sebagai bahan binaan yang mudah diperolehi. Ianya merupakan salah satu binaan yang tertua dan digunakan secara meluas dalam industri pembinaan. Bahkan hingga ke hari ini, lebih separuh daripada penduduk dunia memilih membina kediaman mereka daripada struktur yang berasaskan tanah ini. Ini kerana struktur binaan yang berasaskan tanah ini mempunyai ketahanan yang tinggi, kos yang rendah, kadar rintangan api yang baik, tahan terhadap faktor cuaca dan mempunyai nilai estatika yang menarik.

Bata tanah termampat merupakan salah satu teknologi dalam industri pembinaan yang telah diterokai kerana menggunakan bahan-bahan tempatan yang senang didapati dan diperolehi. Ianya merupakan satu peralihan teknologi terhadap pembinaan yang berasaskan tanah yang bermula sejak tahun 1950-an dan bermula di Bogota, Colombia. Di antara komponen utama yang digunakan dalam menghasilkan produk bata tanah termampat ini ialah tanah, pasir, simen dan air. Berdasarkan UNESCO Chair Earthen Architecture (2010), tanah liat adalah sesuai untuk penghasilan prototaip bata tanah termampat ini.

Sejak beberapa tahun kebelakangan ini, perkembangan dalam penghasilan bata termampat ini telah mengalami banyak perubahan kepada teknologi moden bermula sejak awal tahun 1950-an dengan menggunakan kaedah tekanan yang dikendalikan secara manual di dalam acuan keluli yang telah direkabentuk oleh jurutera Raul Ramirez di Bogota,

Colombia bagi tujuan pembinaan rumah. Semenjak daripada itu, terdapat banyak teknologi terkini yang menggunakan mesin mampatan hidraulik telah dibangunkan bagi meningkatkan kualiti produk yang dihasilkan disamping menjimatkan kos, tenaga dan masa dalam menghasilkan produk bata termampat.

### 1.1 Pernyataan Masalah

Tanah liat merupakan jenis kategori tanah yang mudah diperolehi di negara kita. Oleh sebab itu, tanah ini telah dijadikan sebagai sampel kajian dalam menghasilkan bata tanah termampat ini. Penghasilan produk ini boleh dilakukan oleh sesiapa sahaja samada oleh satu kumpulan besar (syarikat) ataupun juga oleh orang perseorangan. Namun demikian, kadar mampatan (psi) yang diperlukan untuk dijadikan sebagai rujukan dalam menghasilkan produk ini daripada tanah liat masih lagi belum ditetapkan untuk dipatuhi di negara kita. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi mendapatkan nilai kekuatan mampatan dan kadar serapan air bagi produk bata termampat yang berasaskan tanah liat. Diharapkan nilai-nilai yang telah diperolehi daripada kajian ini akan dapat dijadikan sebagai rujukan dalam industri penghasilan produk bata termampat berasaskan tanah liat di negara kita ini.

### 1.2 Objektif Kajian

Perlaksanaan kajian ini berpandukan beberapa objektif yang telah ditetapkan seperti berikut:

- Menentukan kekuatan mampatan dan kadar serapan air yang sesuai terhadap prototaip bata termampat dengan menggunakan tanah liat.

- ii. Menentukan tekanan mampatan yang sesuai untuk menghasilkan prototaip berdasarkan kepada kekuatan mampatan dan kadar serapan air.

### 1.3 Skop Kajian

Skop kajian adalah seperti berikut:

- i. Sampel tanah digunakan iaitu tanah liat.
- ii. Bentuk fizikal prototaip bata termampat dihasilkan dengan dimensi 100mm x 50mm x 40mm bagi menggantikan saiz bata yang sebenar.
- iii. Nisbah campuran yang telah ditetapkan ialah 1:10 di mana 1 (simen): 10 (tanah dan pasir) dan air (10% hingga 20%).
- iv. Perbezaan siri tekanan mampatan di antara 2000 psi, 3000 psi dan 4000 psi dengan menggunakan alat tekanan mampatan hidraulik dalam menghasilkan prototaip bata tanah liat.
- v. Tempoh pengawetan yang diperlukan adalah 7 hari dan 28 hari.
- vi. Ujian fizikal prototaip yang ditetapkan adalah ujian kekuatan mampatan dan ujian kadar serapan air.
- vii. Bata ini direkabentuk untuk memenuhi klasifikasi bata galas beban kelas satu (MS 72: 1972).

### 1.4 Kepentingan Kajian

Penyelidikan ini dijalankan untuk mengenalpasti kadar kekuatan optimum dari segi faktor kekuatan mampatan dan kadar serapan air diantara dua jenis tanah yang digunakan dalam penghasilan prototaip CSEB ini iaitu tanah laterit dan tanah liat dimana simen bertindak sebagai bahan penstabil. Kedua-dua jenis tanah ini diambil sebagai bahan kajian kerana ianya mudah didapati di negara yang berada di garisan khatulistiwa dan beriklim tropika seperti di Malaysia.

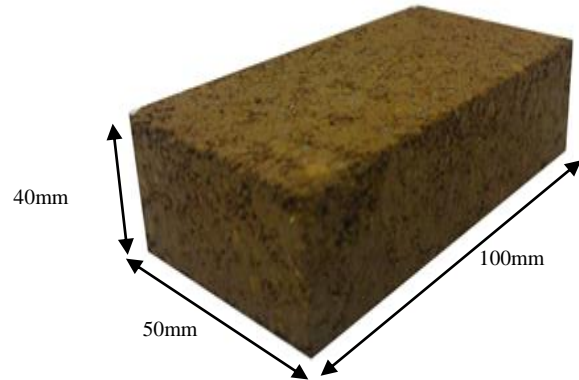
## 2. Kajian Literatur

### 2.1 Prototaip Bata Tanah Liat

Prototaip adalah satu jenis bentuk atau contoh dari beberapa model asli yang berfungsi sebagai contoh, asas, lambang, atau standard untuk hal-hal lain daripada kategori yang sama. Dalam banyak bidang, ada ketidakpastian besar terhadap rekabentuk baru yang benar-benar akan melakukan apa yang dikehendaki. Reka bentuk baru sering mempunyai masalah tidak dapat dijangka. Secara umumnya, sebuah prototaip direka, dibina dan diuji sebelum rekabentuk sebenar dikeluarkan.

Rajah 1 menunjukkan prototaip yang dihasilkan dengan dimensi 100mm x 50mm x 40mm menyerupai dengan bata terkunci termampat terstabil atau *Interlocking Compressed Stabilized Earth Brick* (ICSEB) yang bersaiz 100mm x 125mm x 250mm

dari segi kekuatan, nisbah bancuhan dan juga sifat-sifat lain ICSEB. Tujuan utama menghasilkan bata prototaip ini adalah untuk menguji dari segi kekuatan mampatan dan kadar serapan air yang mana jika ujian dibuat terhadap ICSEB yang memerlukan masa dan tenaga yang banyak dalam penghasilannya. Prototaip ini dapat menjimatkan penggunaan masa dan tenaga bagi mendapatkan nilai ujikaji dengan lebih tepat dan cepat.



Rajah 1: Dimensi prototaip bata tanah liat

### 2.2 Bahan Binaan Prototaip

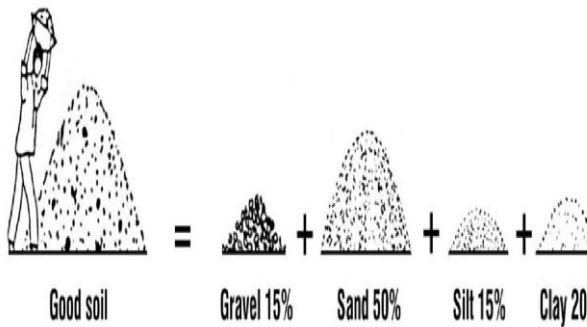
Bahan merupakan perkara utama yang perlu disediakan dalam menghasilkan sesuatu produk. Bagi menghasilkan bata tanah termampat ini, komponen utama bahan yang perlu disediakan adalah tanah, simen Portland biasa, pasir dan air. Bahan-bahan binaan ini hendaklah dipastikan menggunakan sepenuhnya sumber tempatan yang mudah didapati bagi menjamin pengurangan kos pengeluaran.

#### 2.2.1 Tanah

Tanah merupakan komponen utama bagi menghasilkan prototaip bata termampat ini. Sifat-sifat tanah dan keadaan iklim di sesuatu kawasan hendaklah ditentukan terlebih dahulu sebelum menghasilkan bata jenis ini. Keadaan iklim yang kering sepanjang tahun seperti di benua Afrika memerlukan tanah yang berbeza seperti yang digunakan di kawasan yang mempunyai iklim tropika ataupun hujan sederhana. Tidak semua jenis tanah sesuai digunakan sebagai bahan bata termampat ini. Walaubagaimanapun, tanah yang diperlukan untuk menghasilkan produk ini mestilah mengandungi sedikit tanah liat dan lumpur kerana memudahkan proses rekatan berlaku. Rajah 2 menunjukkan komposisi tanah yang terbaik mestilah mengandungi 15% batu kelikir, 50% pasir, 15% lumpur dan 20% tanah liat. Oleh kerana negara Malaysia berada di garisan khatulistiwa dan beriklim tropika, tanah yang mudah didapati adalah tanah liat dan tanah laterit.

Tanah liat terdiri daripada liang-liang udara yang kecil dan jarak zarah-zarah padat iaitu ruang lompong sifar. Oleh yang demikian, tanah liat juga bersifat lembut pada kelembapan yang tinggi dan akan cepat mengeras apabila didedahkan terhadap suhu yang berterusan. Keistimewaan tanah liat ialah ianya mempunyai kekuatan ricih yang rendah dan mempunyai kadar

kebolehmampatan yang tinggi. Rajah 3 menunjukkan tanah liat yang telah dikisar. Oleh yang demikian kajian ini dilakukan bagi mendapatkan perbezaan dari segi kadar mampatan dan juga kadar serapan air terhadap jenis tanah liat.



Rajah 2: Komposisi tanah yang baik



Rajah 3: Tanah liat dikisar

### 2.2.2 Pasir

Dalam industri pembinaan, pasir juga dikenali sebagai batu baur halus. Ianya merupakan pecahan daripada batu secara halus yang berlaku secara semulajadi. Dalam menghasilkan prototaip ini, keadaan pasir yang digunakan hendaklah dipastikan berada dalam keadaan saiz yang halus dan juga bersih serta bebas daripada sebarang bahan organik dan memenuhi piawai. Penggunaan pasir ini hanya akan digunakan apabila peratusan kandungan pasir yang sedia ada di dalam tanah asal adalah kurang daripada satu per tiga ( $1/3$ ) daripada jumlah keseluruhan tanah tersebut. Saiz pasir yang digunakan dalam kajian ini mestilah melepasi saiz ayak 2mm seperti yang ditunjukkan pada Rajah 4.



Rajah 4: Pasir melepasi ayakan 2mm

### 2.2.3 Simen

Simen adalah komponen utama yang penting dalam industri pembinaan. Ianya merupakan salah satu bahan penstabil yang baik dalam penghasilan prototaip ini. Secara umumnya, simen boleh dikategorikan sebagai suatu bahan yang mempunyai sifat perekat yang menyebabkan ikatan antara serpihan mineral. Bagi menjalankan kajian ini, simen Portland Biasa (OPC) dipilih kerana kesesuaiannya untuk digunakan dalam semua jenis pembinaan konkrit umumnya serta boleh digunakan dalam penghasilan produk yang berasaskan tanah. Selain daripada itu, simen jenis ini juga amat sesuai digunakan dalam pelbagai keadaan dan tempat serta amat senang didapati.



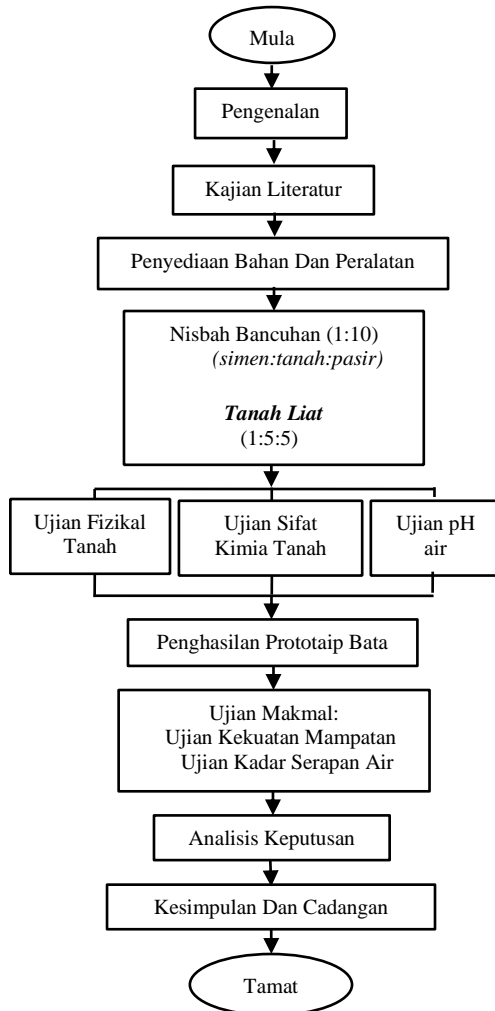
Rajah 5: Simen (OPC)

### 2.2.4 Air

Air terdiri daripada gabungan dua atom hidrogen dan satu atom oksigen ( $H_2O$ ). Air yang digunakan dalam menghasilkan produk ini mestilah bersih dan selayaknya boleh diminum serta bebas daripada bendasing seperti organik dan sulfat. Jika kedua-dua bendasing ini terdapat di dalam kandungan air ianya akan menjejaskan proses penghidratan terutamanya ketika bata sedang dalam proses pengerasan. Jumlah air yang diperlukan dalam bancuhan adalah di antara 10% -20%. Manakala semasa peringkat pengawetan, air diperlukan untuk proses penghidratan yang sempurna bagi simen.

### 3. Metodologi

Rajah 6 menunjukkan carta alir metodologi kajian ini. Sebelum ujikaji makmal dijalankan, program pelaksanaan kerja dirancang terlebih dahulu bagi mencapai objektif kajian. Ringkasan keseluruhan ujikaji adalah seperti pada Jadual A.1.



Rajah 6: Carta alir metodologi kajian

#### 3.1 Bahan Mentah

Tanah merupakan komponen utama dalam kajian ini. Tanah liat ini diambil di Batu Pahat, Johor pada kedalaman 1.5m. Pasir dikenali juga sebagai batu baur halus. Dalam kajian ini, pasir yang digunakan hendaklah melepasi saiz ayakan 2mm dan dalam keadaan bersih dan kering sebelum penghasilan prototaip dibuat. Simen merupakan bahan penstabil utama dalam kajian ini. Simen yang digunakan adalah simen Portland biasa (OPC).

#### 3.2 Ujian Bahan Mentah

Sampel tanah dianalisis dan dibandingkan dengan keputusan yang telah dilakukan oleh pengkaji terdahulu. Sampel tanah liat ini akan dibandingkan

dengan kajian yang telah dilakukan oleh Chan (2008). Beberapa ujian dilakukan bagi kedua-dua jenis tanah seperti ujian taburan zarah (analisis ayakan), ujian had-had *Atterberg*, ujian komposisi kimia dan ujian Jar (ujian pemendapan). Semua ujian yang dilakukan berdasarkan kepada BS 1377: Part 2:1990.

##### 3.2.1 Ujian Taburan Zarah (Analisis Ayakan)

Sebahagian besar nisbah campuran bagi menghasilkan prototaip ini adalah terdiri daripada bahan beragregat iaitu tanah dan pasir. Agregat bukan sahaja mempengaruhi prototaip tetapi juga memberi kesan terhadap ketahanan dan prestasi prototaip. Ujian ayakan merupakan salah satu ujian terpenting untuk agregat. Ia bertujuan untuk mendapatkan kadar campuran agregat daripada pelbagai saiz.

Jadual 1: Taburan saiz zarah tanah.

	Tanah	Lumpur (%)	Tanah Liat (%)	Pasir (%)
Tanah	RECESS	73.3	25.8	0.9
Liat	C.M.Chan (2008)	89.2	10.23	0.57

Berdasarkan kepada AURAM Press 3000 (2010), komposisi tanah yang terbaik bagi menghasilkan bata tanah termampat ini mestilah mengandungi 15% batu kelikir, 50% pasir, 15% lumpur dan 20% tanah liat. Hasil daripada ujian taburan zarah yang telah dilakukan bagi tanah liat, peratusan kandungan komposisi tanah juga menyamai dengan komposisi tanah yang telah dilakukan oleh Chan (2008). Walaubagaimanapun komposisi tanah liat ini tidak menyamai dengan komposisi tanah yang terbaik bagi menghasilkan prototaip bata tanah termampat ini.

##### 3.2.2 Ujian Had-Had *Atterberg*

Ujikaji ini adalah untuk menentukan had cecair dan had plastik bagi sampel tanah yang telah dikeringkan untuk pengenalan dan pengkelasan tanah. Penentuan had-had ini juga digunakan untuk meramalkan kekuatan ricih dan mendapan tanah. Sampel tanah yang digunakan melepasi saiz ayak 0.425mm. Tujuan ujian ini dijalankan bagi mendapatkan nilai had plastik (PL), had cecair (LL) nilai plastik indek (PI) sampel tanah.

Jadual 2: Had-Had *Atterberg*.

	Tanah	Had Cecair (LL) (%)	Had Plastik (PL) (%)	Indek Keplastikan (PI) (%)
Tanah	RECESS	67.5	32.04	35.5
Liat	C.M.Chan (2008)	68	32	35

Berdasarkan keputusan had-had *Atterberg* yang diperolehi, didapati bahawa tanah liat dari Batu Pahat, Johor yang digunakan dalam penghasilan prototaip

CSEB bagi kajian ini adalah diklasifikasikan sebagai tanah laterit dan tanah liat. Ini kerana terdapat persamaan yang ketara dari segi liquid limit (LL), had plastik (PL) dan indek keplastikan (PI) tanah liat yang dikaji oleh Chan (2008).

### 3.2.3 Ujian Komposisi Kimia

Kedudukan sifat kimia tanah bagi kedua-dua jenis sampel tanah perlu diuji terlebih dahulu sebelum digunakan dalam penghasilan prototaip ini. Untuk menjalankan ujian ini, sampel tanah yang bersih bersaiz 63  $\mu\text{m}$  dalam bentuk debu/serbuk kering perlu disediakan.

Jadual 3: Komposisi kimia bahan (peratusan berat).

Jenis	Tanah Liat (%)	OPC (%)
Carbon dioxide, $\text{CO}_2$	0.10	0.10
Iron (iii) oxide, $\text{Fe}_2\text{O}_3$	6.39	5.10
Silicon dioxide, $\text{SiO}_2$	60.60	23.40
Aluminium oxide, $\text{Al}_2\text{O}_3$	22.40	10.60
Calcium oxide, $\text{CaO}$	0.00	53.60
Titanium dioxide, $\text{TiO}_2$	0.92	0.97
Potassium oxide, $\text{K}_2\text{O}$	2.43	0.71
Sulfur trioxide, $\text{SO}_3$	5.63	3.76
Sodium oxide, $\text{Na}_2\text{O}$	0.32	0.27
Magnesium oxide, $\text{MgO}$	0.88	1.15

Berdasarkan analisis kandungan kimia ini, didapati kandungan *Silicon dioxide*,  $\text{SiO}_2$  merupakan kandungan bahan kimia yang paling tinggi di dalam tanah liat iaitu sebanyak 60.60%. Kandungan silika ini dapat membantu dalam menguatkan kekuatan mampatan prototaip apabila bertindak balas dengan simen dalam proses pozzolanik. Simen pula mempunyai kandungan kapur (*Calcium oxide*,  $\text{CaO}$ ) yang sangat tinggi iaitu sebanyak 53.6% yang bertindak sebagai pengikat partikel-partikel tanah dan pasir.

### 3.2.4 Ujian Jar / Ujian Pemandapan

Tanah merupakan bahan pembolehubah binaan yang kompleks. Setiap sampel tanah akan berbeza dengan sampel tanah yang lain. Bagi kajian ini, sampel tanah berlainan yang digunakan iaitu tanah laterit dan tanah liat. Tujuan ujian ini adalah untuk mengetahui susunan dan nisbah zarah tanah. Melalui kaedah ini juga jumlah kandungan pasir dan tanah liat akan dapat diketahui seperti yang ditunjukkan pada Rajah 7.

Hasil pemerhatian daripada ujian yang dilakukan menunjukkan sampel tanah liat mempunyai lebih kurang 15% pasir dan 85% lumpur dan tanah liat. Sampel tanah ini mempunyai kandungan lumpur dan tanah liat yang sangat tinggi dan perlu diubahsuai mengikut nisbah 1:5:5. Pengubahsuaian ini dilakukan dengan penambahan pasir dengan kuantiti

yang banyak supaya membentuk sampel prototaip yang mampu menahan tegasan mampatan apabila dikenakan beban.



Rajah 7: Ujian jar bagi tanah laterit dan tanah liat

### 3.3 Pensampelan dan Ujian Bagi Prototaip

Pelbagai siri tekanan mampatan yang dikenakan bagi menghasilkan prototaip ini diantara 2000 psi, 3000 psi dan 4000 psi. Nisbah bancuhan pula ialah 1:5:5 (simen:tanah:pasir). Nisbah bancuhan ini dilakukan bagi menghasilkan saiz prototaip dengan dimensi 100mm x 50mm x 40mm. Kaedah bancuhan bahan mentah dilakukan secara manual. Kadar peratusan air yang diperlukan bagi menghasilkan bancuhan yang baik adalah diantara 10% sehingga 20% daripada berat tanah. Kemudian campuran ini akan digegam membentuk bebola tanah dan dijatuhkan pada ketinggian 1 meter. Bentuk jatuhnya bebola tanah diperhatikan bagi mendapatkan kandungan optimum air. Kadar kandungan air yang paling optimum dapat diketahui melalui pecahan bebola tanah di antara 4 atau 5 pecahan yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada Jadual A.2. Didapati bahawa kadar penggunaan air yang paling optimum bagi tanah liat pula sebanyak 20%.

Bancuhan yang telah sebatu sepenuhnya dimasukkan ke dalam acuan yang berdimensi 100mm x 50mm x 40mm. Sebatian ini dimampatkan dengan menggunakan alat tekanan mampatan hidraulik dengan menggunakan siri tekanan bermula dari 2000 psi, 3000 psi dan 4000 psi seperti yang ditunjukkan pada Rajah 8. Setiap sampel prototaip yang telah siap dimampatkan perlu diambil dengan berhati-hati daripada acuan supaya tidak merosakkan bentuk prototaip pada peringkat awal penghasilan. Setiap sampel prototaip perlu dilabelkan berdasarkan kepada siri tekanan yang diaplikasikan. Selepas melalui proses mampatan, sampel ditempatkan di kawasan yang terbuka. Selepas itu sampel prototaip akan disemburkan dengan air secara manual. Kaedah

pengawetan ini dilakukan setiap hari selama 7 hari sehingga 28 hari.

Prototaip ini akan diuji dengan ujian kekuatan mampatan dan kadar serapan air pada umur 7 hari dan 28 hari. Rajah 9 menunjukkan *Universal Testing Machine* (UTM) yang digunakan untuk mendapatkan kekuatan mampatan prototaip ini. Bagi ujian serapan air pula, kaedah penyejukan dilakukan dimana setiap sampel prototaip ditimbang dan dikeringkan didalam ketuhar selama 24 jam pada suhu 105<sup>0</sup>. Kemudian sampel prototaip direndam dalam air selama 24 jam pada suhu bilik seperti yang ditunjukkan pada Rajah 10. Ujian ini dilakukan berdasarkan kepada EN771 : Part 1 : 2003. Berat sampel selepas perendaman dibahagikan dengan berat sampel kering dan didarabkan dengan 100% bagi mendapatkan kadar peratusan serapan air. Setiap ujikaji fizikal prototaip akan dilakukan dengan menggunakan 3 biji sampel bagi mendapatkan nilai bacaan secara purata bagi setiap ujian kekuatan mampatan dan kadar serapan air



Rajah 10: Ujian kadar serapan air



Rajah 8: Alat tekanan mampatan hidraulik



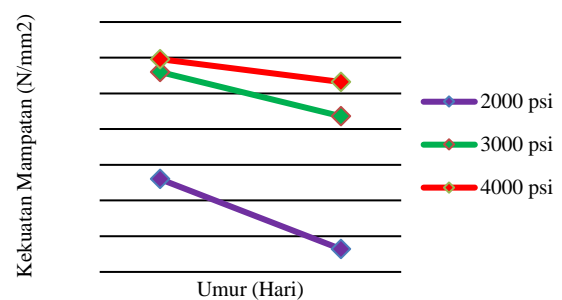
Rajah 9: Ujian kekuatan mampatan

#### 4. Keputusan Dan Perbincangan

Selepas prototaip bata tanah liat termampat ini siap dihasilkan melalui beberapa siri proses tekanan mampatan dan proses pengawetan selama 7 dan 28 hari, ujian-ujian yang seterusnya akan dilakukan seperti yang telah di tetapkan dalam skop kajian. Ujian-ujian ini adalah seperti ujian kekuatan mampatan dan ujian serapan air.

##### 4.1 Kekuatan Mampatan

Tujuan penggunaan siri tekanan mampatan yang berbeza-beza dalam penghasilan prototaip adalah untuk mendapatkan kekuatan mampatan yang paling optimum berdasarkan kepada siri tekanan yang diaplikasikan. Fizikal prototaip diuji melalui ujian tekanan mampatan pada umur 7 dan 28 hari. Rajah 11 menunjukkan keseluruhan keputusan kekuatan mampatan bagi prototaip bata tanah liat. Data ujian kekuatan mampatan seperti yang ditunjukkan pada Jadual A.3.



Rajah 11: Graf kekuatan mampatan (N/mm<sup>2</sup>) melawan umur prototaip bata tanah termampat berasaskan tanah liat pada umur 7 dan 28 hari

Rajah 11 menunjukkan keputusan kekuatan mampatan bagi prototaip bata tanah termampat berasaskan tanah liat. Dapatan pertama adalah berkenaan dengan kuantiti tanah yang digunakan. Semakin meningkat siri tekanan yang diaplikasikan semakin bertambah kuantiti tanah yang diperlukan untuk dimasukkan ke dalam acuan prototaip. Bagi

menghasilkan saiz prototaip, kuantiti tanah yang diperlukan pada siri tekanan pada 2000psi adalah sebanyak 410g, 3000psi sebanyak 437g dan 4000psi sebanyak 462g. Berdasarkan kepada ujian taburan zarah, tanah liat mempunyai peratusan kandungan lumpur yang sangat tinggi dan perlu diubahsuai dengan menambahkan kandungan pasir ke dalam bancuhan bagi membentuk nisbah 1:5:5.

Dapatan kedua adalah berkenaan dengan siri tekanan yang terbaik untuk diaplikasikan semasa proses penghasilan prototaip bata termampat berasaskan tanah liat. Semakin tinggi siri tekanan yang dikenakan, semakin bertambah kekuatan mampatan prototaip yang dihasilkan. Kekuatan mampatan yang paling optimum adalah sebanyak  $5.48 \text{ N/mm}^2$  pada hari yang ke-7 pada siri tekanan 4000psi. Tetapi kekuatan mampatan ini semakin menurun apabila umur prototaip meningkat pada umur 28 hari. Walaubagaimanapun, kadar kekuatan mampatan prototaip berasaskan tanah liat masih lagi dibawah tahap kekuatan yang telah ditetapkan dalam MS 76:1972 iaitu melebihi  $7 \text{ N/mm}^2$ .

Dapatan ketiga adalah berkenaan dengan kekuatan mampatan pada peringkat umur prototaip pada setiap siri tekanan. Semakin meningkat umur prototaip, kekuatan mampatan semakin menurun walaupun nisbah campurannya telah diubahsuai. Walaupun kekuatan awal pada peringkat umur 7 hari pada siri tekanan 4000psi sebanyak  $5.48 \text{ N/mm}^2$ , ianya masih lagi di bawah tahap kekuatan mampatan yang ditetapkan oleh *Malaysia Standard (MS) 76:1972*, bagi bata bakar kelas satu (1). Ini kerana tanah liat mempunyai kandungan lumpur yang sangat tinggi yang tidak dapat menanggung kekuatan mampatan yang dikenakan.

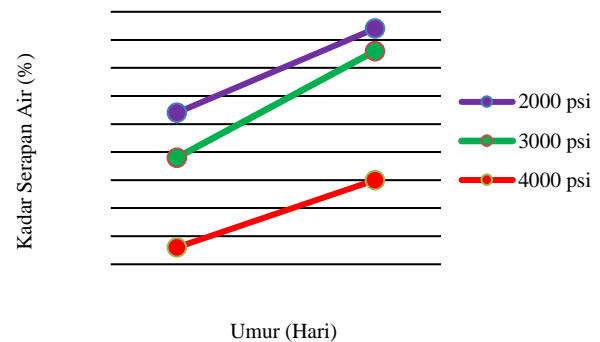


Rajah 12: Bentuk kegagalan prototaip CSEB yang berasaskan tanah liat

#### 4.2 Kadar Serapan Air

Ujian kadar serapan air prototaip ini akan dibandingkan dengan bata bakar kelas satu (1) berdasarkan *Malaysia Standard (MS) 76:1972*. Walaupun tidak dinyatakan dalam piawaian berkenaan dengan kadar serapan air, tetapi amalan sebenar pembinaan di Malaysia menetapkan kadar serapan air untuk bata bakar jenis ini mestilah kurang daripada 15%. Kadar serapan air yang rendah

menunjukkan bata tersebut lebih berkualiti dan tahan kepada perubahan cuaca. Rajah 13 menunjukkan graf keseluruhan keputusan kadar serapan air bagi prototaip tanah liat. Data ujian kadar serapan air seperti yang ditunjukkan pada Jadual A.4.



Rajah 13: Graf kadar serapan air (%) melawan umur prototaip CSEB (Hari) yang berasaskan tanah laterit dan tanah liat pada umur 7 dan 28 hari

Bagi prototaip yang berasaskan tanah liat, semakin meningkat siri tekanan mampatan diaplikasikan, kadar serapan air menjadi semakin rendah. Ini kerana kepadatan ini akan menutupi ruang-ruang kosong di antara butiran zarah dan menghalang penyerapan air ke dalam prototaip ini. Penyerapan air yang paling rendah adalah pada siri tekanan 4000psi iaitu sebanyak 17.3% pada peringkat umur 7 hari dan semakin meningkat kepada 18.5% pada umur 28 hari dan masih lagi melebihi had yang dibenarkan sebanyak 15%. Berdasarkan kepada pemerhatian yang dibuat, sifat fizikal prototaip akan terurai pada setiap bucu-bucu prototaip apabila disentuh dengan tangan semasa proses pengangkutan. Ini dapat dirumuskan tindakbalas pozzolana diantara agregat-agregat dalam kandungan prototaip ini sangat lemah.

## 5. Kesimpulan Dan Cadangan

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan kepada keputusan ujikaji yang telah dibuat, beberapa kesimpulan dapat dibuat berdasarkan kepada hasil ujian bahan mentah dan ujian fizikal prototaip bata tanah termampat berasaskan tanah liat seperti:

- i. Keputusan ujikaji bagi bahan mentah menyamai dengan keputusan ujikaji terdahulu yang dilakukan oleh C.M.Chan (2008) bagi tanah liat.
- ii. Berdasarkan ujian taburan zarah bagi tanah liat, kandungan asal tanah mempunyai kandungan lumpur yang sangat tinggi dan perlu diubahsuai dengan penambahan pasir dengan menggunakan nisbah bancuhan 1:5:5 (simen:tanah:pasir) bagi menghasilkan prototaip ini.

- iii. Apabila siri tekanan meningkat, kuantiti tanah yang digunakan juga akan semakin bertambah.

Bagi tanah liat, kuantiti tanah yang diperlukan pada siri tekanan pada 2000psi adalah sebanyak 410g, 3000 psi sebanyak 437g dan 4000 psi sebanyak 462g.

- i. Tekanan yang paling sesuai bagi tanah liat adalah 4000psi di mana kekuatan mampatan pada peringkat umur 7 hari adalah 5.48 N/mm<sup>2</sup> dan semakin menurun pada umur 28 hari sebanyak 5.16 N/mm<sup>2</sup>.
- ii. Kadar serapan air yang ditetapkan bagi kajian ini adalah sebanyak 15%. Bagi prototaip ini, kadar serapan yang paling optimum adalah sebanyak 17.3% pada siri tekanan 4000psi apabila peringkat umur prototaip 7 hari dan semakin meningkat sebanyak 18.5% pada umur 28 hari.

### 5.2 Cadangan

Berdasarkan kepada hasil penelitian yang telah dijalankan, beberapa cadangan boleh dibuat dan diaplikasikan dalam kajian-kajian yang akan datang seperti:

- i. Siri tekanan mampatan yang sesuai hanyalah pada tekanan 2000psi sahaja kerana pada siri tekanan ini semua agregat-agregat bancuhan berada dalam keadaan asal tanpa mengalami perubahan bentuk.
- ii. Memperkenalkan bahan tambah yang dapat memegang agregat-agregat supaya lebih kental bagi prototaip berasaskan tanah liat supaya tidak mudah terurai apabila terdedah kepada keadaan persekitaran.
- iii. Mengkaji nisbah bancuhan yang sesuai bagi prototaip tanah liat supaya lebih kuat menahan tegasan mampatan.

### Rujukan

Abdullah, A. B., & Chandra, S. (1987). "Engineering properties of coastal subsoils in Peninsular

Malaysia." In *Southeast Asian geotechnical conference*. 9 (pp. 127-138).

AURAM Press 3000 (2010). Discover the properties of the bricks produced by our Auram equipment. Diakses September 10, 2021, daripada [www.aureka.com](http://www.aureka.com).

BS 1377: Part 2. (1990). *Methods of test for soils for civil engineering purposes*. British Standard Institute.

Bush, A. (1984). Understanding stabilized earth construction.

Chan, C. M., & Robani, R. (2008). "Alternative aggregates from Clay-POC: An exploratory study." *Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, ICCBT*, 423-432.

Guillaud, H., Joffroy, T., & Odul, P. (1995). Compressed earth blocks: Manual of design and construction. *Vieweg, Eschborn, Germany*. pp 8.

Jayasinghe, C., & Kamaladasa, N. (2007). Compressive strength characteristics of cement stabilized rammed earth walls. *Construction and Building Materials*, 21(11), 1971-1976.

Rigassi, V. (1985). Compressed earth blocks: Manual of production. *CRATERRE-EAG, GATE*, 1.

Shariman, M. (2008). Pembaikan tanah liat marin dengan pendekatan saliran pugak. *Final Year Project Thesis, Universiti Teknologi Malaysia*.

Tarmizi, M. (2006), *Pengaruh Pasir, Kandungan Simen Dan Kaedah Pengawetan Terhadap Konkrit Ringan Berudara*, PSM Thesis, Universiti Teknologi Malaysia.

UNESCO Chair Earthen Architecture. (2010). *Compressed Stabilized Earth Block*. Auroville Earth Institute, 2010.

Yahaya, M. A. (2008). *Mengkaji kesan penggunaan tiang kapur terhadap enapan tanah bukan berstruktur kejuruteraan* (Doctoral dissertation, Universiti Teknologi Malaysia).



**Lampiran**

Jadual A.1: Program pelaksanaan ujikaji makmal yang dijalankan.

Bil..	Tekanan Mampatan (psi)	Ujikaji Makmal	Proses Pengawetan (day)	Bilangan Sampel (unit)
				Tanah Liat
1	2000psi	Kekuatan Mampatan (kPa)	7	3
	3000psi			3
	4000psi			3
2	2000psi	Kekuatan Mampatan (kPa)	28	3
	3000psi			3
	4000psi			3
3	2000psi	Kadar Serapan Air (%)	7	3
	3000psi			3
	4000psi			3
4	2000psi	Kadar Serapan Air (%)	28	3
	3000psi			3
	4000psi			3
Jumlah sampel CSEB (unit)				36
Jumlah keseluruhan sampel CSEB (unit)				72

Jadual A.2: Bentuk-bentuk pecahan bebola tanah.

Kandungan air	Bentuk pecahan		
Tanah Liat (15%)			
Tanah Liat (20%)			
Tanah Liat (25%)			

Jadual A.3: Data ujian kekuatan mampatan prototaip berumur 7 dan 28 hari.

Jenis Tanah	Siri Tekanan (psi)	7 hari		28 hari	
		Kekuatan mampatan (N/mm <sup>2</sup> )	Purata (N/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan mampatan (N/mm <sup>2</sup> )	Purata (N/mm <sup>2</sup> )
Tanah Liat	2000	6.46	3.80	6.99	2.81
		6.22		6.75	
		4.25		2.68	
		3.34		3.29	
		3.80		2.48	
		4.97		3.62	
	3000	5.81	5.30	4.31	4.68
		5.10		6.12	
		6.60		4.90	
		6.17		4.90	
		3.67		5.69	
		5.48		5.16	
4000	6.60	5.48	4.90	5.16	
	6.17		4.90		
	3.67		5.69		
	5.48		5.16		
	6.60		4.90		
	6.17		4.90		

Jadual A.4: Data ujian kadar serapan air prototaip berumur 7 dan 28 hari.

Jenis Tanah	Siri Tekanan (psi)	7 hari		28 hari	
		Kadar serapan air (%)	Purata	Kadar serapan air (%)	Purata
Tanah Liat	2000	19.4	19.7	21.5	21.2
		18.0		21.2	
		21.9		21.0	
	3000	17.9	18.9	20.6	20.8
		19.3		21.2	
		19.7		20.5	
	4000	17.0	17.3	18.5	18.5
		17.9		18.0	
		16.9		19.0	